



รายงานการวิจัย

การหาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
โดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มม่วง

**Efficiency of Dye-sensitized Solar Cell by Using
LeumPhua Purple Rice Extract**

ศานิตย์ สุวรรณวงศ์
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2559

รหัสโครงการสัญญา PCRU_๒๕๕๕_y๐๐๓

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การหาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
โดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มม่วง

**Efficiency of Dye-sensitized Solar Cell by Using
LeumPhua Purple Rice Extract**

ศานิตย์ สุวรรณวงศ์
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนงานวิจัยสนับสนุนนักวิจัยรุ่นใหม่โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
งบประมาณเงินรายได้ของมหาวิทยาลัย
ประจำปีงบประมาณ 2559

ชื่องานวิจัย	การหาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัด ของข้าวเหนียวลิ้มผัว Efficiency of Dye-sensitized Solar Cell by Using LeumPhua Purple Rice Extract
ผู้วิจัย	ศานิตย์ สุวรรณวงศ์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2559

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ เราได้สนใจสีย้อมไวแสงที่สกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผัวด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (DSSCs) โดยการฉายแสงอาทิตย์ และแสงจากหลอด LED ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และ อัลตราไวโอเลต จากการศึกษา พบว่า สีย้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มผัวที่ได้จากเอทานอลมีการ ดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่กว้างตั้งแต่ช่วงแสงที่ตามองเห็นได้ไปถึงช่วงของอัลตราไวโอเลต ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงของช่วงความยาวคลื่นที่กว้างกว่าเมทานอลและน้ำกลั่น ตามลำดับ จาก การศึกษาเพิ่มเติม พบว่าการฉายแสงอาทิตย์ใน DSSCs ของสารสกัดจากเอทานอลให้ค่าความนำ ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุด รองลงมาคือ เมทานอล และน้ำกลั่น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเฉพาะ DSSCs ที่ใช้สีย้อมสกัดจากเอทานอล โดยฉายแสงจากหลอด LED พบว่า แสงจากหลอด อัลตราไวโอเลต ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงความนำไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับช่วง ของความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงของสารสกัดข้าวเหนียวลิ้มผัวในเอทานอล รองลงมา คือ สีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง ตามลำดับ อีกทั้งเมื่อเพิ่มปริมาณของข้าวเหนียวลิ้มผัวในสีย้อม จะทำให้ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย และเมื่อฉายแสงจากแสงอาทิตย์จำลองที่ให้กำลังสูงขึ้น ทำให้มีค่า พิลแฟกเตอร์สูงขึ้น ดังนั้นสีย้อมไวแสงจากเอทานอลและชนิดของแสงจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพ และการนำไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัว

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวลิ้มผัว, เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

Research title	Efficiency of Dye-sensitized Solar Cell by Using LeumPhua Purple Rice Extract
Researcher	Sanit Suwanwong
Division	Physics Phetchabun Rajabhat University 2559

Abstact

In this work, we are interested in the leumphua purple rice extract in solvent, namely, methanol, ethanol and DI water which affects the efficiency in dye-sensitized solar cells (DSSCs) upon irradiation by using sunlight and LED lights, namely, red, green, blue and ultraviolet. The results of the study showed that the wavelength range of leumphua purple rice in ethanol between visible light to the range of ultraviolet with the higher wavelength range comparing with methanol and DI water, respectively. We also found from additional studies that the maximum conductance and electrical power in DSSCs of ethanol upon sunlight comparing with methanol and DI water, respectively. Focusing on DSSCs of ethanol by using LED light, we found that the maximum conductance changes and electrical power in DSSCs upon ultraviolet LED light comparing with blue, green and red LED, respectively. The increasing rice of dye could the increase conductivity. And the increasing electrical power of sunlight simulation could the increase fill factor. Thus, the dye-sensitized in ethanol and the types of light influence on the efficiency and maximum conductivity in dye-sensitized solar cells by using LeumPhua Purple Rice extract.

Keywords: Leumphua purple rice, Dye-sensitized solar cells

(ก)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้แก่ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ศานิตย์ สุวรรณวงศ์

29 สิงหาคม 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ขั้วเหนียวลึ้มผิว	5
2.2 สีข้อมไวแสงจากพืช	5
2.3 สีข้อมไวแสงจากขั้วเหนียวลึ้มผิว	6
2.4 เซลล์แสงอาทิตย์	8
2.5 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสงธรรมชาติจากพืช	9
2.6 การหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	13
3.1 การเตรียมสีข้อมไวแสงโดยสกัดจากขั้วเหนียวลึ้มผิว	13
3.2 การวัดความสามารถในการดูดกลืนแสงของสีข้อมที่สกัดได้จากตัวทำละลาย 15	
3.3 การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสง	15
3.4 การวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสง	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	23
4.1 การวัดความสามารถในการดูดกลืนแสงของสีข้อมไวแสงที่สกัดได้จาก ตัวทำละลาย	23
4.2 การวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสง	24
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	32
5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย	32
5.2 ข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	34
ภาคผนวก	36
ภาคผนวก ก (วัสดุอุปกรณ์)	37
ภาคผนวก ข (สารเคมี)	39
ภาคผนวก ค (การเตรียมสาร และการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสง)	41
ประวัติผู้วิจัย	50

(จ)

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	การดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน (แอนโทไซยานิดิน) ในแต่ละโครงสร้าง 7
2.2	กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมที่มีปริมาณ แอนโทไซยานินสูงขึ้น 12
4.1	การนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดจาก ข้าวเหนียว ลิ้มฟัวในเมทานอล, เอทานอล และน้ำกลั่น เมื่อได้รับการฉาย แสงอาทิตย์ 24
4.2	การนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดจาก ข้าวเหนียวลิ้มฟัวใน เอทานอล เมื่อได้รับการฉายแสงสีต่าง ๆ 26
4.3	การนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยข้าวเหนียวลิ้มฟัว 5 กรัม 10 กรัม และ 20 กรัม ในเอทานอลเมื่อได้รับการฉายแสงอาทิตย์ 28
4.4	ค่า J_{SC} , V_{OC} , P_{max} และ FF ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงของ ข้าวเหนียวลิ้มฟัว 20 กรัมในเอทานอล โดยฉายแสงอาทิตย์จำลองหลอดฮาโลเจน และหลอดไฟ 60 W 30

(ข)

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ก) แสดงสีย้อมและขั้วลบที่เชื่อมอยู่ในสีย้อมไวแสงที่ได้จากข้าวเหนียวลิ้มผั่ว และ ข) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผั่ว	2
2.1 แสดงเมล็ดข้าวเหนียวลิ้มผั่ว.....	6
2.2 แสดงโครงสร้างแอนโทไซยานินทั้ง 4 แบบของพืชที่อยู่ในสถานะสมดุล.....	7
2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำซิลิกอนผลึกเดี่ยว.....	8
2.4 แสดงหลักการเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มผั่ว	9
2.5 แสดงการวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง	11
3.1 แสดง ก) เมล็ดของข้าวเหนียวลิ้มผั่ว และ ข) ข้าวเหนียวลิ้มผั่วที่บดเป็นผง	13
3.2 แสดงสีย้อมจากข้าวเหนียวลิ้มผั่วที่ได้จากตัวทำละลาย เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น.....	14
3.3 แสดงเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสง (UV-VISIBLE Spectroscopy)	15
3.4 แสดงกระจกนำไฟฟ้า (กระจก FTO) ที่ตัดแล้ว.....	16
3.5 แสดง ก) กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยไททานเนียมไดออกไซด์ ข) กระจกนำไฟฟ้าที่ แช่ด้วยสารสกัดข้าวเหนียวลิ้มผั่ว และ ค) ขั้วลบ (Working electrode)	17
3.6 แสดง ก. เครื่องเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอร์ริง ข. กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วย แพลทินัม (Pt)	18
3.7 แสดงสารละลายอิเล็กโทรไลต์	19
3.8 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่สมบูรณ์แล้ว	20
3.9 แสดงการวัดการเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง .	21
3.10 แสดงเครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้า-ศักย์ไฟฟ้า (I-V curve) จากแสงอาทิตย์จำลอง ...	22
4.1 แสดงการดูดกลืนแสงของข้าวเหนียวลิ้มผั่วในตัวทำละลายทั้งสามชนิด	23
4.2 ค่าความไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยใช้สารสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผั่ว 5 กรัม ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด เมื่อนำแสงอาทิตย์	25
4.3 ความนำไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยใช้สารสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผั่วด้วยตัวทำละลายเอทานอลเมื่อได้รับ การฉายแสงชนิดต่าง ๆ	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4	ค่าความไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยใช้สารสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผั่ว 5, 10 และ 20 กรัม ในเอทานอล เมื่อฉาย แสงอาทิตย์ 29
4.5	แสดงกราฟกระแสไฟฟ้า-ศักย์ไฟฟ้า ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจาก ข้าวเหนียวลิ้มผั่ว 20 กรัมในเอทานอล โดยฉาย ก) แสงอาทิตย์จำลองจาก หลอดฮาโลเจน และ ข) หลอดไฟ 60 W 31
ค-1	แสดง ก) เมล็ดของข้าวเหนียวลิ้มผั่ว และ ข) ข้าวเหนียวลิ้มผั่วที่บดแล้ว 42
ค-2	แสดงสีย้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มผั่วในเมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น 43
ค-3	แสดง ก) คริมไททาเนียมไดออกไซด์ ข) ปาดคริมไททาเนียมไดออกไซด์บน กระจกนำไฟฟ้า และ ค) กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์แล้ว 44
ค-4	แสดง ก) กระจกนำไฟฟ้าที่แช่ในสีย้อมของข้าวเหนียวลิ้มผั่ว และ ข) ขั้วลบ ที่ติดสีย้อมของข้าวเหนียวลิ้มผั่ว 45
ค-5	แสดง ก) เครื่องเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธี sputtering และ ข) ขั้วบวกที่เคลือบด้วยแพลตทินัม 46
ค-6	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มผั่ว 47
ค-7	แสดงการวัดค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด 48
ค-8	แสดงการวัดค่า Fill Factor 49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จังหวัดเพชรบูรณ์มีผลผลิตทางการเกษตรอย่างหลากหลาย ได้แก่ ด้านพืช ปศุสัตว์ เป็นต้น ซึ่งมีพื้นที่ทางการเกษตรในการปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก ประกอบไปด้วยพันธุ์ข้าวพื้นเมือง อย่างเช่น กข 10 ขาวดอกมะลิ 105 และพิษณุโลก 80 ข้าวเก่า ข้าวพญาลิ้มแกง ข้าวหอมมะลิดอก ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวลิ้มผัว เป็นต้น เมื่อกล่าวถึงข้าวเหนียวลิ้มผัว หรือข้าวลิ้มผัว ซึ่งเป็นข้าวที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ อีกทั้งยังมีคุณสมบัติที่สำคัญ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลดการอักเสบ ลดภาวะการเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง (ข้อมูลจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553) และมีเม็ดสี (pigments) ที่เป็นสารที่ให้สีขึ้นอยู่กับธรรมชาติ เราเรียกสีนี้ว่า “แอนโทไซยานิน (anthocyanin)” โดยที่แอนโทไซยานิน จะมีส่วนประกอบ ได้แก่ น้ำตาล อะโกลโคน และหมู่เอซิล (Anderson, OM., and Markham, KR., 2006) ซึ่งสีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามความเป็นกรด – เบส กล่าวคือ จะมีสีแดงเมื่อ pH ต่ำ สีน้ำเงินเป็นกลาง และจะไม่มีสีเมื่อ pH มีค่าที่สูงขึ้น การเปลี่ยนสถานะและสีของสารแอนโทไซยานินที่มีในข้าวเหนียวลิ้มผัว จะขึ้นอยู่กับความเป็นกรด – เบส โครงสร้างโมเลกุล อุณหภูมิ เป็นต้น สีจะมักสกัดออกมาจากพืชในส่วนที่เป็นดอกและผล อาจจะสกัดด้วยน้ำ, เมทานอล (Methanol) และเอทานอล (Ethanol) เป็นต้น สีสามารถย้อมติดกับวัสดุได้ และได้มีการศึกษาการสกัดจากข้าวเหนียวดำ (Hao, s., 2006) พบว่าสีของข้าวเหนียวดำได้ยึดเกาะกับชั้นฟิล์มของโลหะออกไซด์จากไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ได้เป็นอย่างดี และเมื่อเราสกัดสีด้วยเอทานอล พบว่าสามารถดูดกลืนแสงสีในช่วงของความยาวคลื่นในช่วงต่าง ๆ ได้ (Kidmose, U., et al., 2002) ในการเกิดสีของแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวลิ้มผัวจะขึ้นอยู่กับค่าของหมู่ไฮดรอกซี (OH) ด้วยเหตุผลนี้ เราจึงสามารถนำมาใช้เป็นสีย้อมบนตัววัสดุที่เป็นโลหะออกไซด์ เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงนำมาสร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-sensitized solar cells หรือ DSSCs) จากสารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัวที่ให้สีจากแอนโทไซยานินในปริมาณที่สูง เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนที่มีทั้งโมโนคริสตัลและโพลีคริสตัลที่มีขายทั่วไปนั้นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตที่แพงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัวเป็นอย่างมาก อีกทั้งมีผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับสีย้อมไวแสงจากสารแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในพืช เนื่องจาก

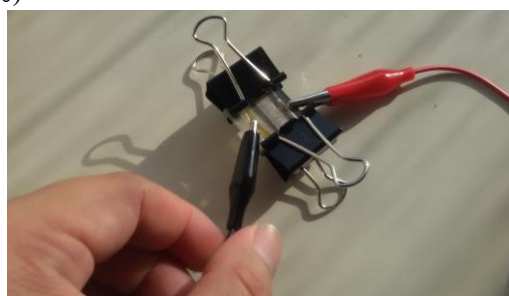
แอนโทไซยานินจะยืดยาวที่อนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) และซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ได้เป็นอย่างดี โดยมีงานวิจัยที่ทำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืช อย่างเช่น ผลทับทิม (Dai, Q. and Rabani, I., 2001; Sirimanne, P.M., et al., 2006) กะหล่ำปลีม่วง (วรรณวิมล อารยะปราชญ์ และธนบัตร มีศิลป์, 2555) เป็นต้น

สีย้อมจากข้าวเหนียวลิ้มผ้าว สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผ้าวได้ โดยมีส่วนประกอบดังรูปที่ 1-1 ได้แก่ กระจกนำไฟฟ้า (Fluorine doped tin oxide coated glass slide หรือเรียกว่า กระจก FTO) ที่เคลือบด้วยสารจำพวก โลหะออกไซด์ (Metal Oxides) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่น ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) หรือ ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ที่เชื่อมอยู่ในสารสกัดสีย้อมไวแสงของ ข้าวเหนียวลิ้มผ้าว ดังภาพที่ 1-1 ก) และมีกระจกนำไฟฟ้า FTO อีกแผ่นเคลือบด้วยแพลตตินัม (Pt) หรือกราไฟต์ (C) โดยมีสีย้อมไวแสงจากสารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผ้าวและสารละลาย อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) จะอยู่ระหว่างแผ่นกระจกทั้งสอง และเมื่อมีแสงมาตกกระทบถูกสีย้อมไวแสงจากสารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผ้าว ดังรูปที่ 1 ข) ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดซับพลังงานแสง และทำให้อิเล็กตรอนที่สถานะพื้นถูกกระตุ้นแล้วทำให้ปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา สีย้อมไวแสงจะยืดยาวกับโมเลกุลของโลหะออกไซด์ที่พันธะในหมู่ไฮดรอกซี (OH) แล้วยังมีสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากวงนอกสุดกลับคืนเข้ามาสู่ตัวโมเลกุลของสีย้อมไวแสงทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จึงให้กระแสไฟฟ้าได้ตลอดเวลา

ก)



ข)



ภาพที่ 1-1 ก) แสดงสีย้อมและขั้วลบที่เชื่อมอยู่ในสีย้อมไวแสงที่ได้จากข้าวเหนียวลิ้มผ้าว และ ข) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผ้าว

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในเบื้องต้นดังรูปที่ 1 โดยการนำข้าวเหนียวลิ้มผ้าวในปริมาณ 20 กรัม มาสกัดเอาสีย้อมไวแสงโดยใช้เอทานอล 50 มิลลิลิตร พบว่าสีย้อมที่สกัดได้สามารถยืดยาว

ได้ดิบับผิวของซิงค์ออกไซด์ และเมื่อประกอบเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัวได้ให้ศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นเป็น 250 มิลลิโวลต์ และเมื่อได้รับการฉายแสงจากดวงอาทิตย์มายังเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มผัวทำให้ศักย์ไฟฟ้าได้เปลี่ยนไปเป็น 320 มิลลิโวลต์ อีกทั้งยังพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสีย้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มผัวเปลี่ยนแปลงจาก 3.2 ไมโครแอมแปร์ ไปเป็น 8.9 ไมโครแอมแปร์ เมื่อได้รับการฉายแสงจากดวงอาทิตย์ อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่ได้ใช้แสงชนิดต่าง ๆ ฉายลงบนผิวของวัสดุที่เป็นสารกึ่งตัวนำหรือฉนวนเกิดการสะสมของอิเล็กตรอนบนพื้นผิว ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้น เช่น $\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{TiO}_3$ (Jaiban et al., 2015), $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (Masingboon et al., 2013), KTaO_3 (Suwanwong et al., 2012) และ SrTiO_3 (Meevasana et al., 2011) ใช้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงสีต่าง ๆ ฉายบนวัสดุ (Suwanwong et al., 2015) เช่น แสงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และแสงอัลตราไวโอเลต (Saekow et al., 2012) และหลอดฮาโลเจน เป็นต้น แสดงพลังงานแสงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (ศานิตย์ สุวรรณวงศ์ และคณะ, 2559)

ดังนั้นข้าวเหนียวลิ้มผัวนอกจากจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์จากการเกษตรแล้ว ยังนำมาใช้เป็นสีย้อมบนวัสดุต่าง ๆ ได้ อีกทั้งยังนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและไม่มีวันหมดสิ้นไปด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัว (ศานิตย์ สุวรรณวงศ์, 2559) ผู้วิจัยได้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าสีย้อมที่สกัดได้จากข้าวเหนียวลิ้มผัวนั้นสามารถนำมาประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัวที่มีประสิทธิภาพ และเป็นพลังงานทดแทนได้เพื่อลดปัญหาการใช้พลังงานจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีแต่จะทำลายสภาพแวดล้อมในชุมชนและโลก จึงสนับสนุนให้ใช้พลังงานทดแทนอย่างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ไม่เป็นการทำลายสิ่งแวดล้อมและยังเป็นการสนับสนุนผลิตผลทางการเกษตรอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสารตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มผัว
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการหาประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัว

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 ขอบเขตเรื่องประชากร คือ ข้าวเหนียวลิ้มผัว
- 1.3.2 ขอบเขตเรื่องเนื้อหา สารที่สกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผัว เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัวที่มีผลต่อประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าสูงสุด

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

Dye-sensitized solar cell คือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

Dye-sensitized คือ สีย้อมไวแสง

Extract คือ สารสกัด

DI water (Deionized water) คือ น้ำกลั่นชนิดปราศจากไอออน

Methanol คือ เมทานอล

Ethanol คือ เอทานอล

Pigments คือ เม็ดสี

Anthocyanin คือ แอนโทไซยานิน

Semiconductor คือ สารกึ่งตัวนำ

Metal Oxide คือ โลหะออกไซด์

TiO₂ คือ ไททาเนียมไดออกไซด์

Pt คือ แพลตินัม

FTO (Fluorine doped Tin Oxide) คือ กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยฟลูออรีนเจือด้วยดีบุก

Electrolyte คือ สารละลายอิเล็กโทรไลต์

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1.5.1 ด้านวิชาการ ผู้ได้รับประโยชน์ คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ นักศึกษา ผู้วิจัย และชุมชน

- เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มฟัวที่มีประสิทธิภาพในการนำไฟฟ้าที่สูง
- ได้พลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพ
- พัฒนานักวิจัย นักศึกษาในการศึกษาครั้งนี้

1.5.2 ด้านเศรษฐกิจ สังคมและชุมชน

- นำสีย้อมที่ได้มาเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าจากข้าวเหนียวลิ้มฟัว ในการทำเซลล์แสงอาทิตย์

1.5.3 เผยแพร่ในวารสารวิชาการ

- เรื่องเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มฟัว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวเหนียวลิ้มผัว

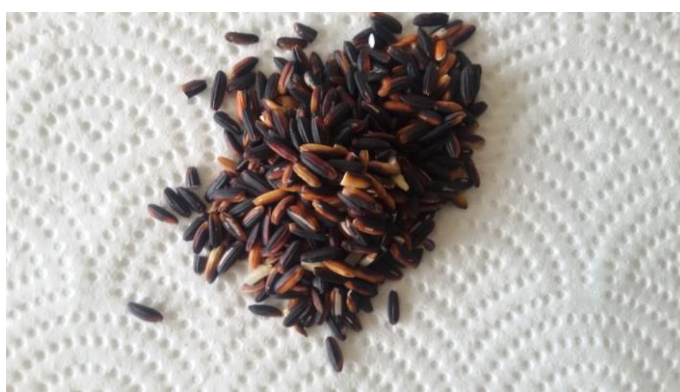
ข้าวเหนียวลิ้มผัว หรือข้าวลิ้มผัวเป็นข้าวที่ปลูกในเขตพื้นที่สูง มีอากาศเย็น มีฝนกระจายตัวสม่ำเสมอ ซึ่งปัจจุบันมีการปลูกที่ จ.เพชรบูรณ์ ข้าวเหนียวลิ้มผัวมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารต้านอนุมูลอิสระ (สารแอนโทไซยานิน) ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง และมีการดแอคคอร์บิก เมล็ดของข้าวเหนียวลิ้มผัวจะมีสีตั้งแต่สีแดงก่ำจนไปถึงม่วงเข้ม ซึ่งสีม่วงได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์ฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารแอนโทไซยานินถึง 46.56 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม วิเคราะห์ข้อมูลโดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี นอกจากนี้ข้าวเหนียวลิ้มผัวยังสามารถสกัดเป็นสีย้อม ซึ่งสามารถนำมาทำประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น สีย้อมผ้า สีย้อมไวแสง อินดิเคเตอร์ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เป็นต้น

2.2 สีย้อมไวแสงจากพืช

สีย้อมไวแสงจากพืชที่เรียกว่า “แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)” มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกที่แปลว่า “ดอกไม้สีน้ำเงิน” เป็นเม็ดสีที่ละลายน้ำได้ ในทางชีววิทยาและเภสัชกรรม (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553) ได้นำสารแอนโทไซยานินมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลดการอักเสบ ลดภาวะการเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง เป็นต้น ในทางเคมี แอนโทไซยานิน เป็นเม็ดสี (pigment) ที่สามารถละลายได้ในน้ำ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์เพื่อใช้วัดความเป็นกรด – เบสได้ กล่าวคือ ถ้ามีสีแดงเข้มจะมี pH ต่ำ (pH น้อยกว่า 7) สีน้ำเงินมีสถานะเป็นกลาง และจะไม่มีสีที่ pH สูงขึ้น ซึ่งจะมีปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะและสีของแอนโทไซยานิน ได้แก่ ความเป็นกรด – เบส โครงสร้างของโมเลกุล อุณหภูมิ กรดแอคคอร์บิก เป็นต้น โดยที่แอนโทไซยานินจะมีส่วนประกอบด้วย อะไกลโคน น้ำตาล และหมู่เอซิล (Anderson, OM., and Markham, KR., 2006) แต่ในทางฟิสิกส์นั้นได้ พบว่าสีย้อมไวแสงที่สกัดได้ทางเคมีของพืชที่ให้แอนโทไซยานินนั้น สามารถดูดกลืนแสงสีแต่ละชนิดได้ (Kidmose, U., et al., 2002) ซึ่งการเกิดสีของสารแอนโทไซยานินจะขึ้นอยู่กับการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซี (OH) และหมู่เมทอกซี (OCH₃) ซึ่งเราสามารถนำมาใช้ประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงได้อีกด้วย

2.3 สีข้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มผัว

ข้าวเหนียวลิ้มผัว เป็นข้าวเหนียวที่มีเชื้อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องสีดำ ดังภาพที่ 2-1 ใว้ต่อช่วงแสง มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (ข้อมูลจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553) เช่น แอนโทไซยานิน และแกมมา โอโรซานอล กรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น วิตามิน โอเมก้า 3 , 6 และ 9 เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถสกัดเพื่อให้เป็นสีข้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มผัวได้ ซึ่งเราเรียกว่า “แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)” เป็นเม็ดสี (pigments) ที่สามารถละลายได้ในน้ำ สามารถนำมาทำเป็นสีข้อมที่ให้สีแดง-ม่วง และนิยมใช้เป็นอินดิเคเตอร์ เพื่อใช้วัดความเป็นกรด – เบสได้ โดยการเปลี่ยนสถานะและสีของสารแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวลิ้มผัวจะขึ้นอยู่กับความเป็นกรด – เบส โครงสร้างโมเลกุล อุณหภูมิ เป็นต้น โดยที่แอนโทไซยานินจะประกอบด้วย น้ำตาล อะโกลโคน และหมู่เอซิด (Anderson, OM., and Markham, KR., 2006)



ภาพที่ 2-1 แสดงเมล็ดข้าวเหนียวลิ้มผัว

แต่ในทางฟิสิกส์ได้พบว่าสีข้อมไวแสงที่สกัดได้ทางเคมีจากสารอย่าง เช่น เมทานอล เอทานอล อะซิโตน เอทิลีนไกลคอล และน้ำกลั่น เป็นต้น พืชที่ให้สารแอนโทไซยานินนั้น สามารถดูดกลืนแสงสีแต่ละชนิดได้ (Kidmose, U., et al., 2002) ดังตารางที่ 2-1 ซึ่งการเกิดสีของแอนโทไซยานินจะขึ้นอยู่กับค่าการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซี (OH) และหมู่เมทอกซี (OCH₃) เมื่อมีแสงมาตกกระทบถูกสีข้อมไวแสงที่มาจากข้าวเหนียวลิ้มผัว ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับพลังงานแสงและทำให้อิเล็กตรอนจากสถานะพื้นนั้นถูกกระตุ้นแล้วทำให้มีการปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา โดยที่สีข้อมไวแสงนี้จะยึดเกาะกับโมเลกุลของสารกึ่งตัวนำที่เป็นโลหะออกไซด์ได้เป็นอย่างดี อย่างเช่นไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) หรือสังกะสีออกไซด์ (ZnO) ได้ อีกทั้งยังมีสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากวงนอกสุด แล้วกลับคืนเข้ามาสู่ตัวโมเลกุล

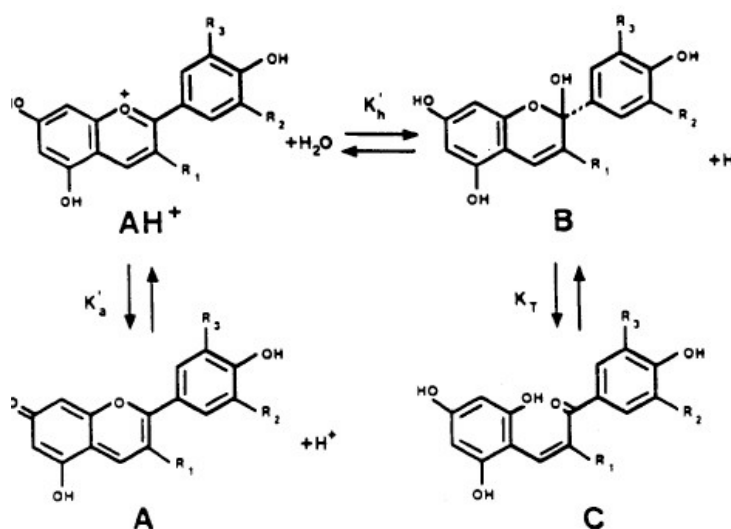
ของสีเขียวของข้าวเหนียวลิ้มผัว ซึ่งจะทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีเขียวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัวสามารถให้กระแสไฟฟ้าได้ตลอดเวลา

ตารางที่ 2-1 การดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน (แอนโทไซยานิดิน) ในแต่ละโครงสร้าง

กลุ่มของรงควัตถุ	สีที่ให้	ช่วงสีของแสงที่ดูดกลืน (nm)
เพลาโกนินดิน ไกลโคไซด์	ส้ม	520
ฟิโอนินดิน ไกลโคไซด์	ส้ม – แดง	532
ไซยานินดิน ไกลโคไซด์	ส้ม – แดง	535
มัลวินิน	น้ำเงิน – แดง	542
เพทูนินดิน ไกลโคไซด์	น้ำเงิน – แดง	543
เคลฟีนินดิน ไกลโคไซด์	น้ำเงิน – แดง	546

(Kidmose, U., et al., 2002)

แอนโทไซยานิน จะมีโครงสร้างที่อยู่ในภาวะสมดุลได้ 4 โครงสร้าง (Mazza, GJ., and Brouillard, R., 1987) ดังภาพที่ 2-2



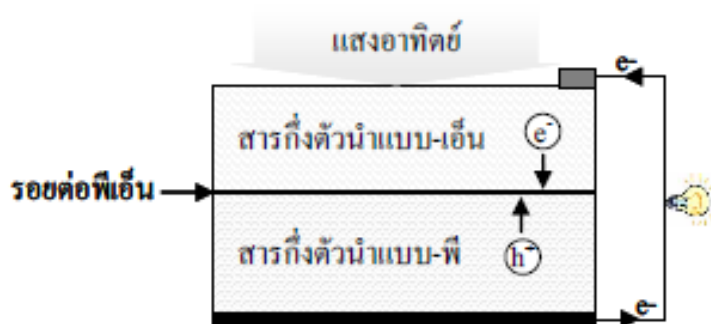
ภาพที่ 2-2 แสดงโครงสร้างแอนโทไซยานินทั้ง 4 แบบของพืชที่อยู่ในสภาวะสมดุล

(Mazza, GJ., and Brouillard, R., 1987)

2.4 เซลล์แสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานตามธรรมชาติที่สะอาด ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่ไม่มีวันหมดสิ้นไป แสงอาทิตย์นอกจากจะให้พลังงานความร้อนแก่โลกเราแล้วยังสามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยใช้หลักการของปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic effect) ถูกค้นพบโดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส พบขึ้นในปี ค.ศ. 1839 โดย Antonie Cesar Becquerel พบว่าเมื่อแสงตกกระทบบนขั้วไฟฟ้าจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1941 ได้พัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนเดี่ยวเป็นสารกึ่งตัวนำแบบรอยต่อพีเอ็น (P – N Junction) โดย Russell Ohl ซึ่งปัจจุบันได้พบว่ามีสารหลากหลายชนิดที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าเมื่อนำแสงไปกระทบที่ผิวได้ อย่างเช่น SrTiO_3 (Suwanwong, S., 2015) $\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{TiO}_3$ (Jaiban, P., 2015) และ $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (Masingboon, C., 2013)

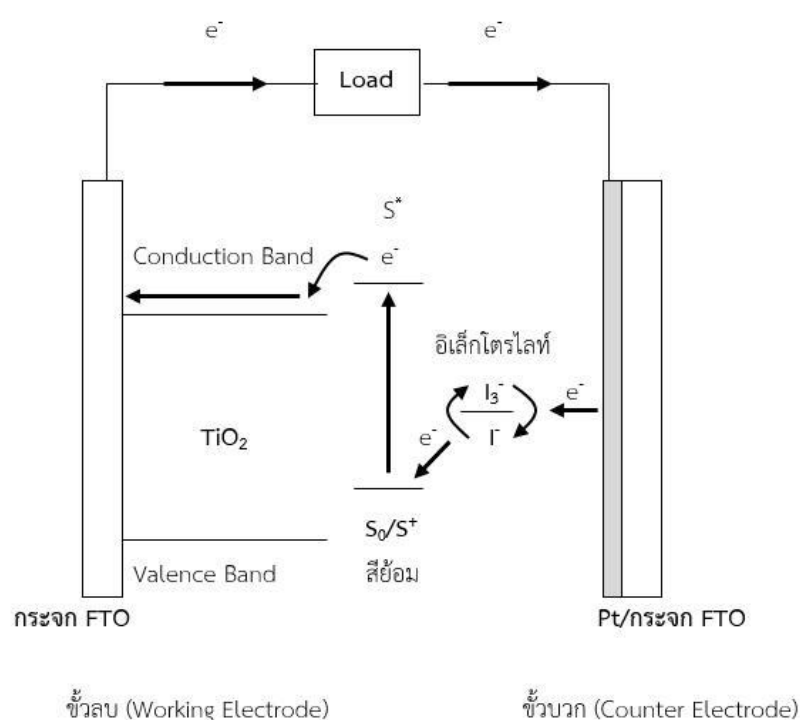
หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบบนสารกึ่งตัวนำจะเกิดอิเล็กตรอน และโฮลขึ้นที่รอยต่อพีเอ็นซึ่งจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นก็เอาไปต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือเก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 2-3 (วินิช พรหมอารักษ์ และคณะ, 2550) ปัจจุบันนี้เซลล์แสงอาทิตย์แบบรอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ มีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ 1) แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน และแบบผลึกโพลีซิลิกอน ซึ่งในประเทศไทยเราจะใช้กันมากที่สุด 2) แบบฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน นิยมใช้ใน เครื่องคิดเลข นาฬิกา และอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ และ 3) แบบผลึกແຄลเลียมอาร์เซไนด์ มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งมีราคาแพง ใช้ในอุตสาหกรรมอวกาศ



ภาพที่ 2-3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำซิลิกอนผลึกเดี่ยว
(วินิช พรหมอารักษ์ และคณะ, 2550)

2.5 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงธรรมชาติจากพืช

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานจากธรรมชาติที่สะอาด ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนและเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ใช้ไม่มีวันหมดสิ้น แสงอาทิตย์นอกจากจะให้พลังงานความร้อนแก่โลกเราแล้วนั้น ยังสามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงซึ่งใช้หลักการของปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic effect) พบว่าเมื่อแสงตกกระทบมายังขั้วไฟฟ้าจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาและทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น มีหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 แสดงหลักการเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มผัว
(ศานิตย์ สุวรรณวงศ์, 2559)

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จะมีหลักการทำงานดังนี้

- 1) เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบโมเลกุลของสีย้อมไวแสงที่เกาะอยู่บนผิวของสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ที่เป็นขั้วลบ (Working electrode) ที่นิยมใช้ คือ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) หรือสังกะสีออกไซด์ (ZnO) จะทำให้สีย้อมไวแสงดูดกลืนแสง และอิเล็กตรอนที่สถานะพื้น (S_0) จะถูกกระตุ้นให้ขึ้นไปอยู่ที่สถานะกระตุ้น (S^+)

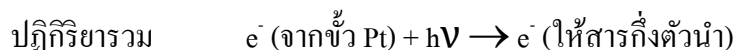
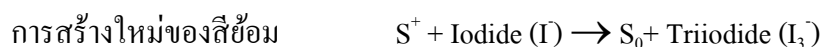
- 2) อิเล็กตรอนที่สถานะกระตุ้น จะถูกส่งผ่านไปยังแถบนำไฟฟ้า (Conduction band, C.B.) ของสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ไปยังขั้วลบ หรือขั้วแอโนด (กระจก FTO ทางซ้ายมือ ดังรูปที่ 2) แล้วออกไปยังวงจรไฟฟ้าภายนอก
- 3) สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ที่ขั้วบวก หรือขั้วแคโทด ที่มีแพลตทินัม หรือกราไฟต์ จะเกิดกระบวนการรีดอกซ์ โดยที่สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะให้อิเล็กตรอนกับสีย้อมไวแสง ที่ได้สูญเสียอิเล็กตรอนไป (S^+) จึงทำให้โมเลกุลของสีย้อมกลับสู่สถานะพื้น (S_0) ซึ่งในเวลาเดียวกันสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะรับอิเล็กตรอนคืนกลับมาจากขั้วบวก หรือขั้วแคโทด (Counter electrode) จากแพลตทินัม หรือกราไฟต์

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง มีดังต่อไปนี้

ปฏิกิริยาที่ working electrode (ขั้วลบ)



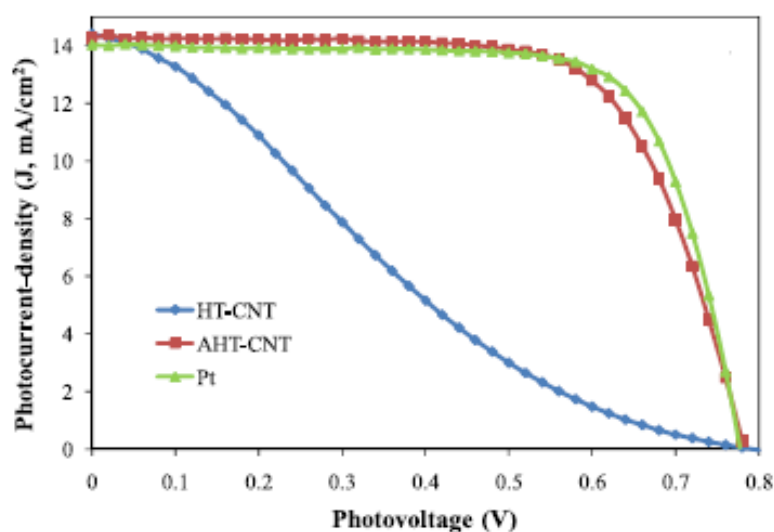
ปฏิกิริยาที่ Counter electrode (ขั้วบวก)



ซึ่งจะเห็นได้ว่าสุดท้ายแล้วเราก็จะได้อิเล็กตรอนมา จึงเป็นเหตุของการเกิดการนำไฟฟ้า เกิดขึ้นภายในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขั้วแอโนดขั้วลบ

2.6 การหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์ที่ตกกระทบมายังผิวโลก เราจะวัดอยู่ในรูปความเข้มของแสงอาทิตย์ โดยใช้ในรูปของมวลอากาศ (Air mass, A.M) ซึ่งจะหาค่า A.M. ได้จากสมการ $A.M. = \frac{1}{\cos \theta_z}$ เมื่อ θ_z คือ มุมซีนิก (Zenith angle) และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะพอดี ก็จะได้ว่า A.M. เท่ากับ 0 ซึ่งในการศึกษาประสิทธิภาพของแสงอาทิตย์ จะใช้ที่ A.M. เท่ากับ 1.5 ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป ที่ความเข้มแสง 100 mW/cm^2 ซึ่งเราอาจจะใช้แสงสังเคราะห์ใช้เป็นแสงอาทิตย์จำลองขึ้นมา (Simulated sunlight) ในการวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ เราจะวัดค่าการนำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า แล้วพล็อตกราฟ I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (Siriraj, S., et al., 2012) ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 แสดงการวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

(Sirirotj, S., et al., 2012)

การหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มฟัวที่สร้างแล้ว มีวิธีตรวจสอบอยู่หลายวิธี อย่างเช่น คำนวณหาค่าการนำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า Fill Factor (FF) ประสิทธิภาพ กำลังไฟฟ้าสูงสุด และพล็อตกราฟ I-V curve ได้ดังนี้

ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด หาได้จากสมการ ดังนี้

$$P_{\max} = I_{\max} \times V_{\max} \quad (2.1)$$

ค่าความนำไฟฟ้าสูงสุด หาได้จากสมการ ดังนี้

$$G_{\max} = I_{\max} / V_{\max} \quad (2.2)$$

ค่า Fill Factor (FF) หาได้จากสมการ ดังนี้

$$FF = \frac{I_{\max} \times V_{\max}}{I_{SC} \times V_{OC}} \quad (2.3)$$

ค่า Fill Factor แสดงถึงผลต่อค่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้าของวงจรเมื่อต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยมีค่าสูงสุดเป็น 1 คือ ไม่สูญเสียกำลังไฟฟ้าเลย และลดลงมา ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1

และค่าประสิทธิภาพ (Efficiency, η) หาได้จากสมการดังนี้

$$\eta = \frac{I_{\max} \times V_{\max}}{P_{\text{in}}} = \frac{I_{\text{SC}} \times V_{\text{OC}} \times \text{FF}}{P_{\text{in}}} = \frac{P_{\max}}{P_{\text{in}}} \quad (2.4)$$

- เมื่อ
- FF คือ Fill Factor
 - I_{SC} คือ กระแสวงจรรปิด (short circuit) ที่ $V = 0$
 - V_{OC} คือ ศักย์ไฟฟ้าที่วงจรเปิด (open circuit)
 - $I_{\max}$ คือ กระแสไฟฟ้าที่ให้กำลังสูงสุด
 - $V_{\max}$ คือ ศักย์ไฟฟ้าที่ให้กำลังสูงสุด
 - $G_{\max}$ คือ ความนำไฟฟ้าสูงสุด
 - $P_{\max}$ คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum power output)
 - P_{in} คือ ผลรวมของกำลังที่แผ่รังสีตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์
 - η คือ ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อสัปดาห์ซ้อมไวแสงที่มีแอนโทไซยานินในปริมาณเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้สัปดาห์ซ้อมไวแสงมีการดูดกลืนแสงได้ดียิ่งขึ้น (วรรณวิมล อารยะปราณี และ ชนบัตร มีศิลป์, 2555) ดังตารางที่ 2-2 ที่มีการเพิ่มปริมาณการสัปดาห์ซ้อมไวแสงจากกะหล่ำปลีม่วง จะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 2-2 กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสัปดาห์ซ้อม ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงขึ้น

น้ำหนัก	I_{sc}	V_{oc}	$P_{\max}$	FF
(g)	(mA cm ⁻²)	(mV)	(μW)	(-)
1	0.330	165.0	10.9	0.20
5	0.670	246.0	29.9	0.18
7	0.850	280.0	39.6	0.17
10	0.920	199.0	51.2	0.28

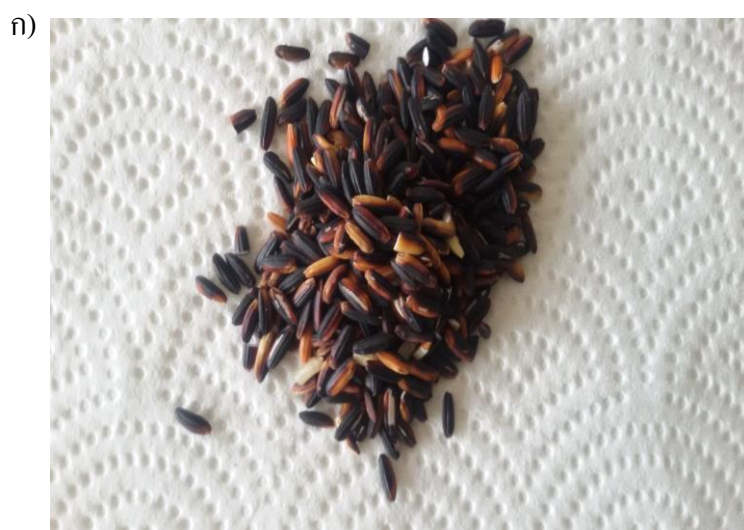
(วรรณวิมล อารยะปราณี และ ชนบัตร มีศิลป์, 2555)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมสีย้อมไวแสงโดยสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มฟัว

3.1.1 นำเมล็ดข้าวเหนียวลิ้มฟัวไปบดเมล็ดให้เป็นผง ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แสดง ก) เมล็ดของข้าวเหนียวลิ้มฟัว และ ข) ข้าวเหนียวลิ้มฟัวที่บดเป็นผง

3.1.2 เตรียมสีย้อมจากข้าวเหนียวลิ้มผั่ว

ตอนที่ 1 ชั่งข้าวเหนียวลิ้มผั่วที่บดแล้วอย่างละ 5 กรัม แล้วนำไปแช่ในตัวทำละลาย ดังนี้ เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น ในปริมาณ 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วกรองกากออก ดังภาพที่ 3-2 ก็จะได้สีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มผั่วเป็นสารตัวอย่าง 3 ชนิด เพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง



ภาพที่ 3-2 แสดงสีย้อมจากข้าวเหนียวลิ้มผั่วที่ได้จากตัวทำละลาย เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น

ตอนที่ 2 เลือกสารสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผั่วในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด จากตอนที่ 1 ที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด จากนั้นชั่งข้าวเหนียวลิ้มผั่วที่บดแล้ว 10 กรัม และ 20 กรัม แช่ในตัวทำละลายที่ให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดจากตอนที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากที่ชั่งไว้ 5, 10 และ 20 กรัม

3.2 การวัดความสามารถในการดูดกลืนแสงของสีย้อมที่สกัดได้จากตัวทำละลาย

วัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงจากสีย้อมทั้ง 3 ที่สกัดได้จากตัวทำละลาย เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น ที่มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร มาวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิเคราะห์ UV-VISIBLE Spectroscopy ยี่ห้อ รุ่น UV-1700 ของ Shimadzu Co.,Ltd เพื่อศึกษาว่าสีย้อมไวแสงทั้ง 3 จะดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นใด



ภาพที่ 3-3 แสดงเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสง (UV-VISIBLE Spectroscopy)

3.3 การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

3.3.1 เตรียมขั้วอิเล็กโทรด

การเตรียมกระจกนำไฟฟ้า Fluorine doped tin oxide coated glass slide ($\text{SnO}_2 : \text{F}$) หรือเรียกว่า กระจกนำไฟฟ้า FTO ดังภาพที่ 3-4 เป็นแผ่นโปร่งแสงที่มีความต้านทาน 7 Ohm/sq (Certificate of Analysis จากบริษัท SIGMA-ALDRICH) โดยนำมาตัดเป็นแผ่นขนาด $2.0 \times 1.5 \text{ cm}^2$ ทำความสะอาดด้วยน้ำสบู่อะซิโตน แอลกอฮอล์ และน้ำกลั่น (DI water) ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะทำความสะอาดด้วยแช่ลงไป ในบีกเกอร์ แล้วใช้เครื่องทำความสะอาดด้วยความถี่สูง (Ultrasonic Cleaning) แล้วเอามาทำให้แห้งด้วยไดร์เป่า จากนั้นให้เทป (3M) ปิดทับขอบของแผ่นกระจกนำไฟฟ้า โดยเหลือพื้นที่ขนาด $0.25 \times 1 \text{ cm}^2$

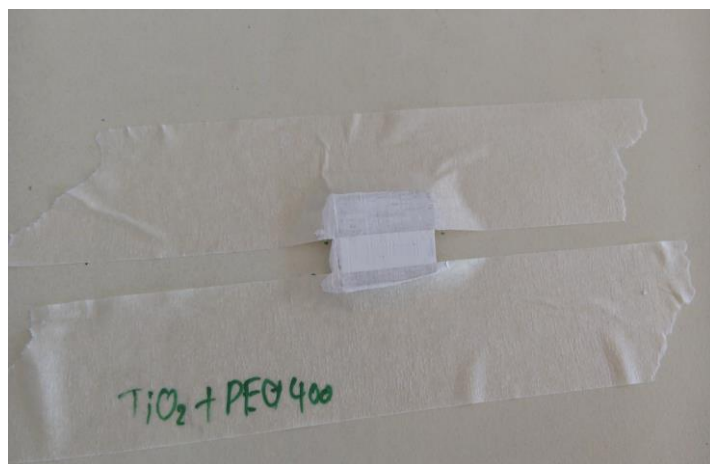


ภาพที่ 3-4 แสดงกระจกนำไฟฟ้า (กระจก FTO) ที่ตัดแล้ว

3.3.1.1 เตรียมขั้วลบ (Working electrode)

การเตรียมครีมาจากผงไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) 5 กรัม บดให้ละเอียด แล้วนำน้ำกลั่น (DI water) จำนวน 12 มิลลิลิตร ผสมกับ โพลีเอทิลีนไกลคอล 400 (PEG 400) จำนวน 2 กรัม คนให้เข้ากัน แล้วเทผง TiO_2 ที่ซังไว้แล้ว คนให้เข้ากัน ก็จะได้ครีมาจากผง TiO_2 แล้วนำไปเคลือบบนแผ่นกระจกนำไฟฟ้า FTO ที่ได้ตัดเทพไว้แล้วด้วยการใช้ยางปาดให้เรียบ (เรียกวิธีนี้ว่า Doctor blade) พร้อมกับใช้แรงกดที่เหมาะสม ดังภาพที่ 3-5 ก) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้กระจกนำไฟฟ้าเย็นลง จากนั้นนำกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยฟิล์ม TiO_2 แล้วนำไปแช่สารละลายสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มผั่วที่เตรียมมาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังภาพที่ 3-5 ข) แล้วปล่อยให้แห้ง สุดท้ายจะได้ขั้วลบ (Working electrode) ดังภาพที่ 3-5 ค)

ก)



ข)



ค)



ภาพที่ 3-5 แสดง ก) กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ ข) กระจกนำไฟฟ้าที่แช่ด้วยสารสกัดข้าวเหนียวลิ้มฟัว และ ค) ขั้วลบ (Working electrode)

3.3.1.2 เตรียมขั้วบวก (Counter electrode)

นำแผ่นกระจกนำไฟฟ้า FTO มาเคลือบฟิล์มบางด้วยโลหะแพลตตินัม (Pt) ดังภาพที่ 3-6 ก) โดยใช้วิธีการสปัตเตอร์ริง (Sputtering technique) ในพลาสมาของก๊าซอาร์กอน (Ar) ก็จะได้ขั้วบวก (Counter electrode) ดังภาพที่ 3-6 ข)

ก)



ข)



ภาพที่ 3-6 แสดง ก) เครื่องเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอร์ริง
ข. กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยแพลตตินัม (Pt)

3.3.2 เตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์

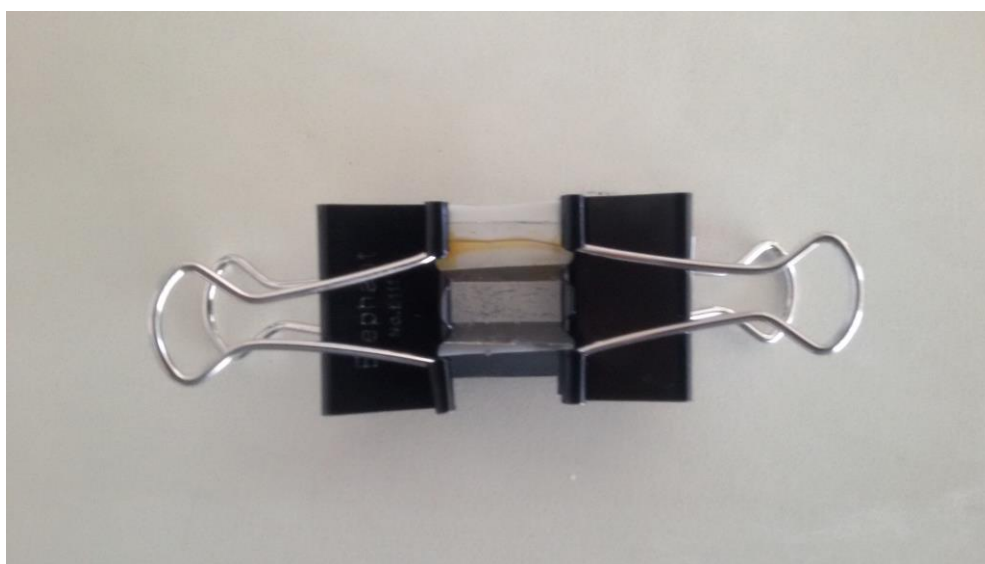
การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 0.5 M ประมาณ 5 กรัม ผสมกับเกล็ดไอโอดีน (I_2) 0.05 M ประมาณ 0.5 กรัม และผสมเข้ากับเอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol) จำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนสารเป็นเวลา 60 นาที จะได้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 แสดงสารละลายอิเล็กโทรไลต์

3.3.3 ประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

- 1) นำแผ่นพาราฟิล์มตัดให้มีพื้นที่ว่างขนาด $0.25 \times 1 \text{ cm}^2$ แล้วติดบนแผ่นกระจกนำไฟฟ้าที่เป็นขั้วลบ (working electrode) ที่มีชั้นฟิล์มของ TiO_2 ส่วนบริเวณที่มีสีย้อมไวแสงติดอยู่
- 2) นำแผ่นกระจกนำไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวก (counter electrode) ที่มีแพลตทินัม (Pt) อยู่มาประกบกันโดยที่แผ่นทั้งสองจะไม่ติดกัน เนื่องจากมีแผ่นพาราฟิล์มกั้นอยู่
- 3) นำสารละลายอิเล็กโทรไลต์ หยดลงระหว่างขั้วทั้งสองผ่านขอบกระจกที่นำมาประกบกัน จะได้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ดังภาพที่ 3-8

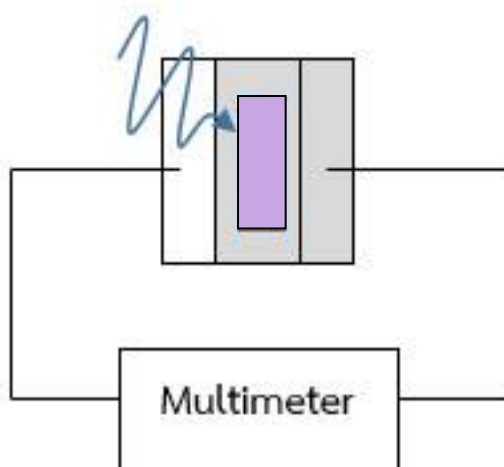


ภาพที่ 3-8 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่สมบูรณ์แล้ว

3.4 การวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

3.4.1 วัดการเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้า

วัดการเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากสารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัวที่ได้จากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น โดยการใช้เครื่องมือ MULTIMETER ยี่ห้อ hp HEWLETT PACKARD รุ่น 971A ต่อเข้ากับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ดังภาพที่ 3-9 ด้วยการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{max}) และศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (V_{max}) ในขณะที่แสงตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เพื่อวัดค่าความนำไฟฟ้าสูงสุด ($G_{\text{max}} = I_{\text{max}}/V_{\text{max}}$) ต่อพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่มีพื้นที่รับแสงขนาด 0.25 cm^2



ภาพที่ 3-9 แสดงการวัดการเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

3.4.1.1 วัดค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้จากสีย้อมจากจากสีย้อมจากข้าวเหนียวลิ้มฟัว 5 กรัม ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น (จากข้อ 3.1.2 ตอนที่ 1) โดยฉายแสงชนิดต่าง ๆ ได้แก่ หลอดไฟ LED สีแดง, สีเขียว, สีน้ำเงิน, อัลตราไวโอเลต และแสงอาทิตย์

3.4.1.2 วัดค่าความนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยเลือกเซลล์ที่ใช้ตัวทำละลายที่ให้ผลการนำไฟฟ้าสูงที่สุด จากนั้นเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวลิ้มฟัวเป็น 10 กรัม และ 20 กรัม ประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์แล้วเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด โดยการฉายแสงอาทิตย์

3.4.2 การวัดกระแสไฟฟ้า-ศักย์ไฟฟ้า (I-V curve) จากแสงอาทิตย์จำลอง

นำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่สกัดจากข้าวเหนียวลิ้มฟัว 20 กรัมในตัวทำละลายที่ให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด มาฉายแสงอาทิตย์จำลองจากหลอดฮาโลเจน และหลอดไฟ 60 W เพื่อทำกราฟ I-V Curve เพื่อหาค่าฟิลแฟกเตอร์ (FF)



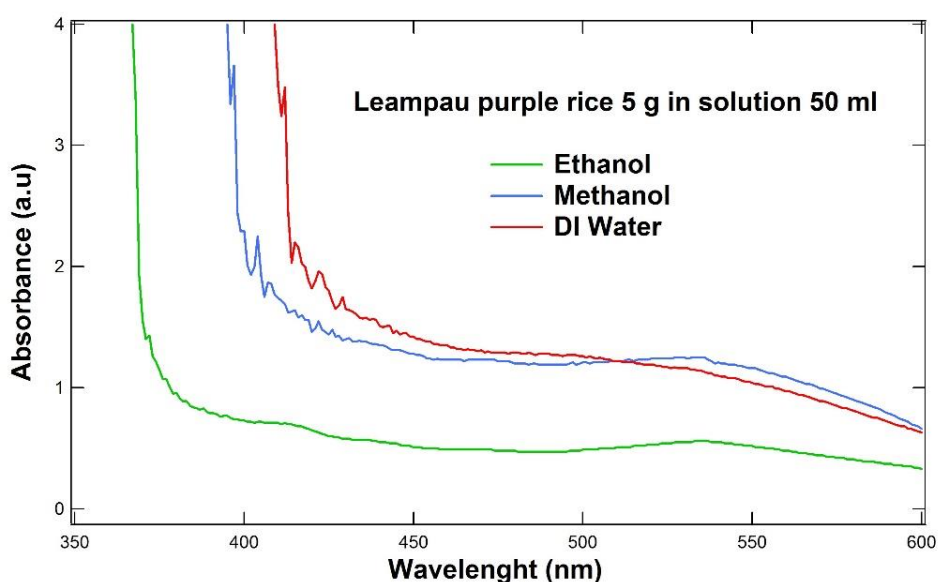
ภาพที่ 3-10 แสดงเครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้า-ศักย์ไฟฟ้า (I-V curve) จากแสงอาทิตย์จำลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การวัดความสามารถในการดูดกลืนแสงของสีข้อมไวแสงที่สกัดได้จากตัวทำละลาย

สีข้อมไวแสงจากสารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มผัวจะทำหน้าที่ในการดูดกลืนพลังงานของแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่กว้าง ตั้งแต่ช่วงแสงที่ตามองเห็น (Visible light) จนถึงช่วงของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet range) จากภาพที่ 4-1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสีข้อมไวแสงจากข้าวเหนียวลิ้มผัวในตัวทำละลายเมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น ด้วยเครื่องวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสง UV-VISIBLE Spectrophotometer พบว่าสีข้อมไวแสงที่สกัดได้จากเอทานอล (เส้นสีเขียว) มีช่วงของความยาวคลื่นที่ใช้ในการดูดกลืนแสงที่มากที่สุด ซึ่งมีช่วงของความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงระหว่าง 371 – 600 นาโนเมตร และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 372 นาโนเมตร (อยู่ในช่วงของรังสีอัลตราไวโอเล็ต) รองลงมา คือ เมทานอล (เส้นสีน้ำเงิน) มีช่วงของความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงระหว่าง 396 – 600 นาโนเมตร มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 397 นาโนเมตร และน้ำกลั่นมีช่วงของความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงแคบที่สุด คือ 411 – 600 นาโนเมตร และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ 412 นาโนเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 4-1 แสดงการดูดกลืนแสงของข้าวเหนียวลิ้มผัวในตัวทำละลายทั้งสามชนิด

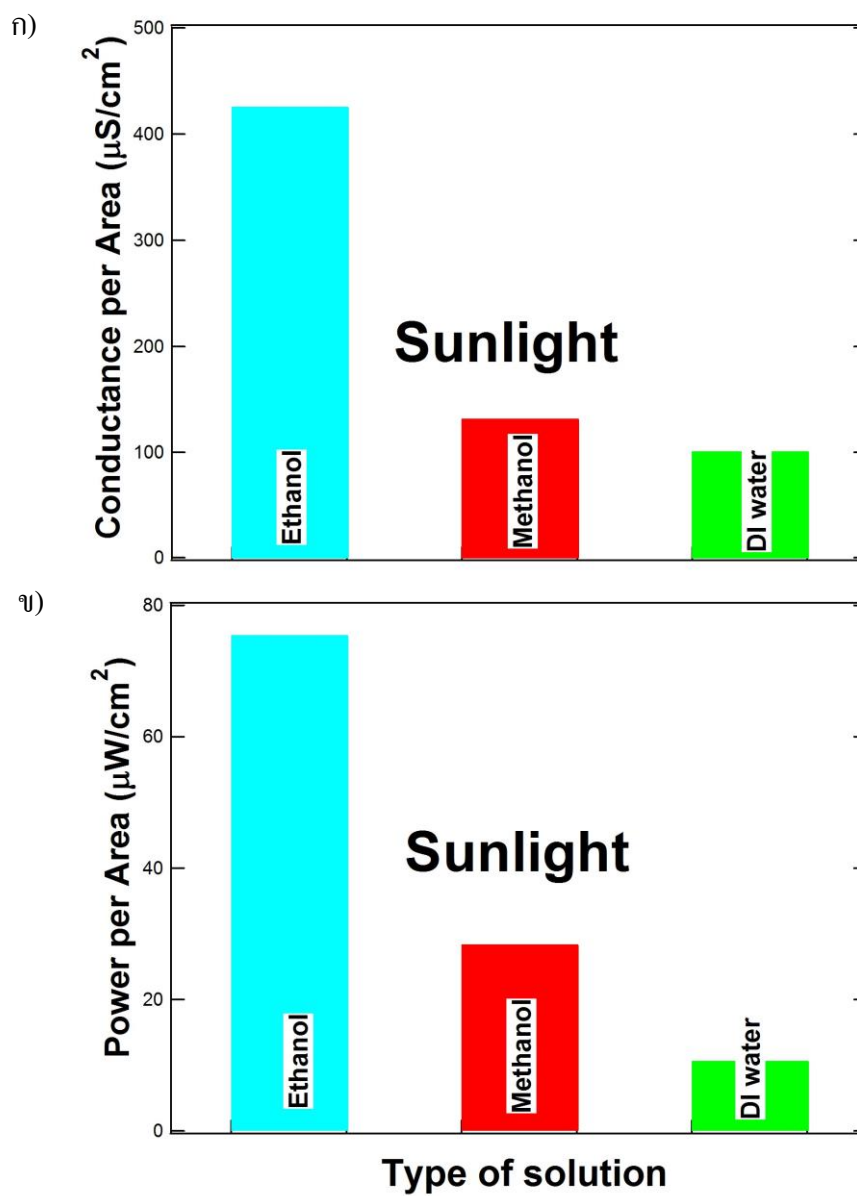
4.2 การวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

4.2.1 การวัดค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้จากสีย้อมจากข้าวเหนียวลิ้มฟัว 5 กรัม ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น โดยฉายแสงอาทิตย์บนเซลล์แสงอาทิตย์ ดังตารางที่ 4-2 พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากเอทานอลมีค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดให้ค่าได้สูงที่สุดเป็น $425.65 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ และมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดให้ค่าสูงที่สุดเช่นกันเป็น $75.44 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ รองลงมา คือ เมทานอลมีความนำไฟฟ้าสูงสุด $131.90 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด $28.40 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ และน้ำกลั่นให้ค่าน้อยที่สุด คือ มีความนำไฟฟ้าสูงสุด $101.24 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ และมีกำลังไฟฟ้าสูงสุด $10.63 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 การนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดจาก

ข้าวเหนียวลิ้มฟัวในเมทานอล, เอทานอล และน้ำกลั่น เมื่อได้รับการฉายแสงอาทิตย์

DSSCs ในตัวทำละลาย	V_{max} (mV)	I_{max} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	P_{max} ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	G_{max} ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)
เมทานอล	464.0	61.2	28.40	131.90
เอทานอล	421.0	179.2	75.44	425.65
น้ำกลั่น	324.0	32.8	10.63	101.24

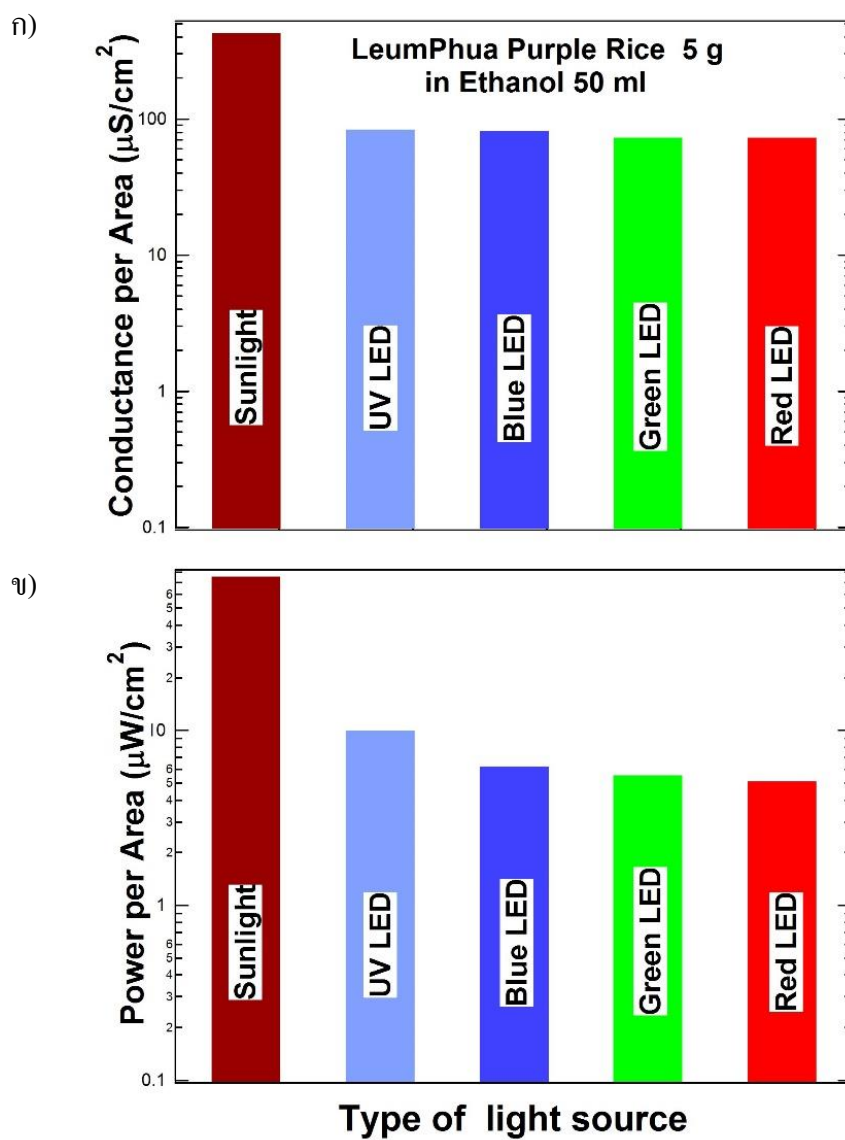


ภาพที่ 4-2 ค่าความไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผัว 5 กรัม ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด เมื่อฉายแสงอาทิตย์

จากการศึกษาการฉายแสงอาทิตย์ทำให้เกิดค่าความนำไฟฟ้าสูงสุด และได้มีการศึกษาเพิ่มเติมด้วยการฉายแสงจากหลอด LED ขนาด 5 mm ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และอัลตราไวโอเล็ต โดยเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่สกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผิวในตัวทำละลายเอทานอล ซึ่งให้ความนำไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุด ดังตารางที่ 4-2 พบว่า แสงจากหลอดอัลตราไวโอเล็ตที่ฉายบนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผิว จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดที่มีค่าสูงที่สุดเป็น $83.333 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ และกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่มีค่าสูงที่สุดเป็น $9.953 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ซึ่งมากกว่าหลอด LED สีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-3

ตารางที่ 4-2 การนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผิวใน เอทานอล เมื่อได้รับการฉายแสงสีต่าง ๆ

ชนิดของแสง	$V_{\max}$ (mV)	$I_{\max}$ ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	$P_{\max}$ ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	$G_{\max}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)
Red LED	265.2	19.2	5.092	72.398
Green LED	274.9	20.0	5.498	72.754
Blue LED	277.1	22.4	6.207	80.837
UV LED	345.6	28.8	9.953	83.333
Sunlight	421.0	179.2	75.443	425.653

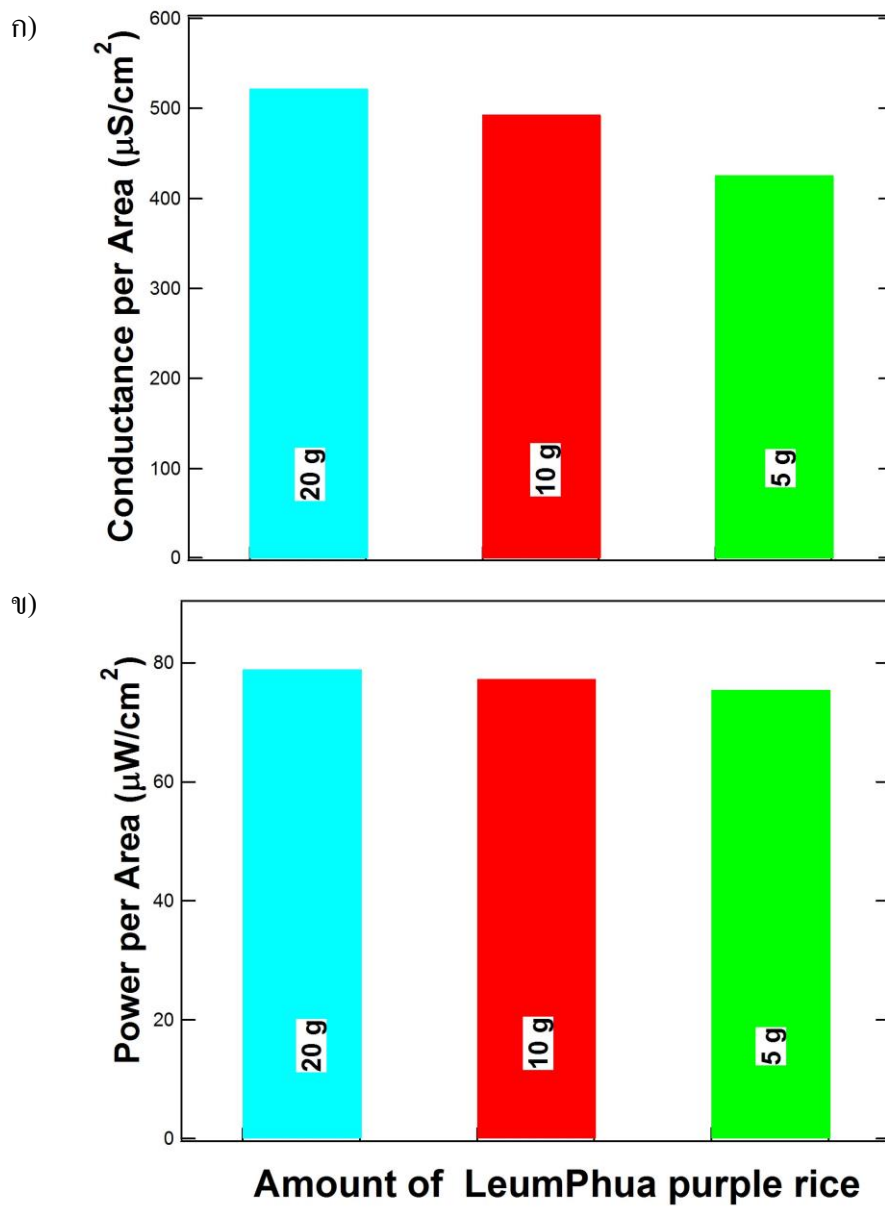


ภาพที่ 4-3 ความนำไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผ้วด้วยตัวทำละลายเอทานอลเมื่อได้รับการฉายแสงชนิดต่าง ๆ

4.2.2 การวัดค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวลิ้มฟัวได้แก่ 5 กรัม 10 กรัม และ 20 กรัม ด้วยการฉายแสงอาทิตย์บนเซลล์ ซึ่งเลือกจากตัวทำละลายจากเอทานอล 50 มิลลิลิตร ที่ใช้ทำสีย้อมไวแสงที่ส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ดังตารางที่ 4-3 พบว่า สีย้อมจากข้าวเหนียวลิ้มฟัวที่มีปริมาณ 20 กรัม ให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูงที่สุดเป็น $521.74 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ และมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูงที่สุดเช่นกันเป็น $78.83 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ รองลงมา คือ ข้าวเหนียวลิ้มฟัว 10 กรัม ให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดเป็น $493.30 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ และมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดเป็น $77.24 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ และข้าวเหนียวลิ้มฟัว 5 กรัม ให้ค่าการนำไฟฟ้าน้อยสุด คือ ให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดเป็น $425.65 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ และมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดเป็น $75.44 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 การนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยข้าวเหนียวลิ้มฟัว 5 กรัม 10 กรัม และ 20 กรัม ในเอทานอลเมื่อได้รับการฉายแสงอาทิตย์

ปริมาณข้าว เหนียวลิ้มฟัว	$V_{\max}$ (mV)	$I_{\max}$ ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	$P_{\max}$ ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	$G_{\max}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)
5 กรัม	421.0	179.2	75.44	425.65
10 กรัม	395.7	195.2	77.24	493.30
20 กรัม	388.7	202.8	78.83	521.74



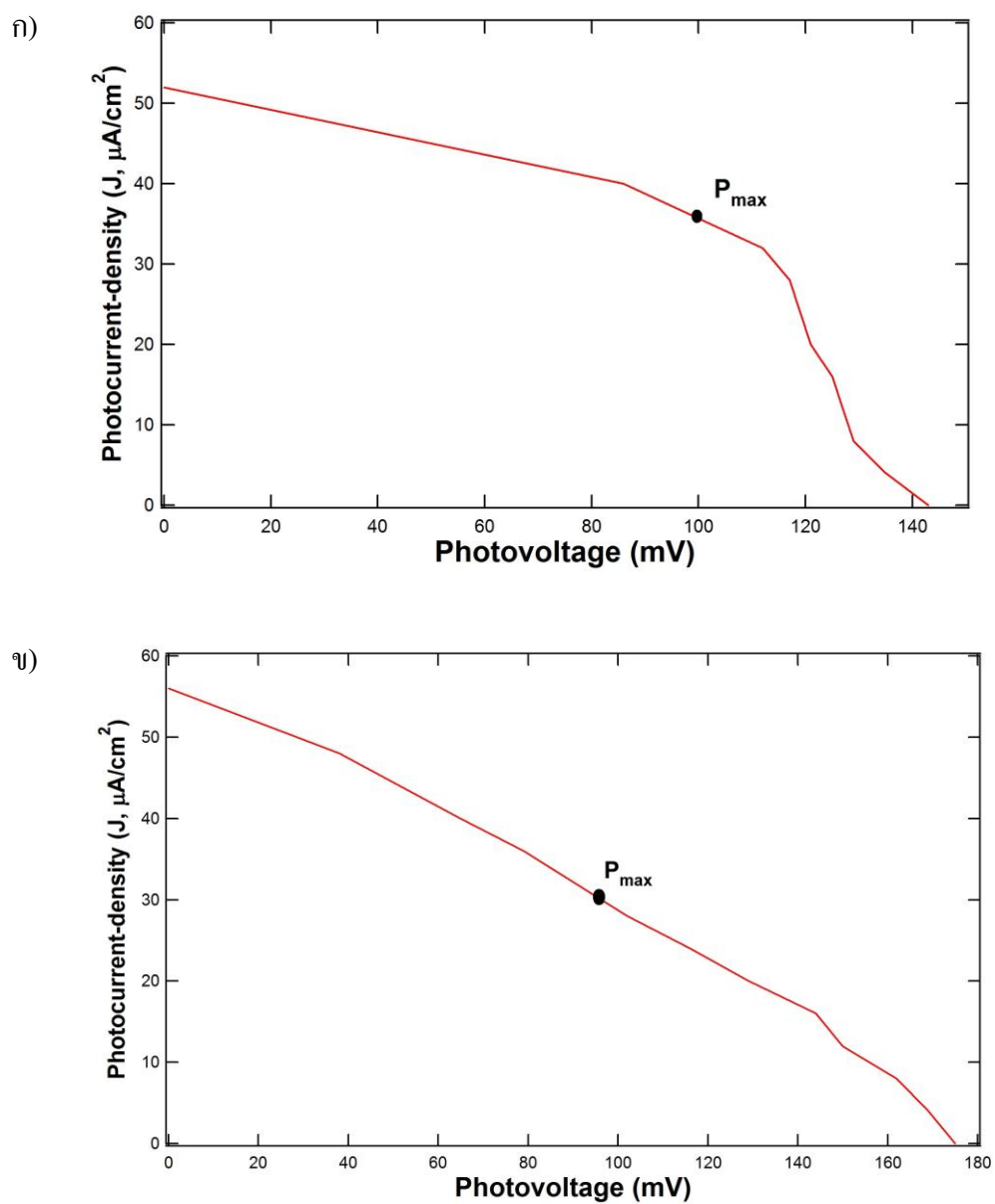
ภาพที่ 4-4 ค่าความไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดจากข้าวเหนียวสีม่วง 5, 10 และ 20 กรัม ในเอทานอล เมื่อฉายแสงอาทิตย์

4.2.3 การวัดกระแสไฟฟ้า-ศักย์ไฟฟ้า (I-V curve) จากแสงอาทิตย์จำลอง

การวัดประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าด้วย I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่สกัดจากข้าวเหนียวลิ้มผั่ว 20 กรัมในตัวอย่างเอทานอล 50 มิลลิลิตร ฉายด้วยแสงอาทิตย์จำลองจากหลอดฮาโลเจน 1,500 W และหลอดไฟ 60 W ได้กราฟ I-V Curve ดังภาพที่ 4-5 พบว่า ได้ค่า Fill Factor (FF) ของหลอดฮาโลเจน เป็น 0.48 และหลอดไฟ 100 W เป็น 0.29 ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ค่า J_{SC} , V_{OC} , P_{max} และ FF ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มผั่ว 20 กรัมในเอทานอล โดยฉายแสงอาทิตย์จำลองหลอดฮาโลเจน และหลอดไฟ 60 W

ชนิดของหลอด	J_{SC} ($\mu A/cm^2$)	V_{OC} (mV)	P_{max} ($\mu A/cm^2$)	FF
60W	56	175	2.85	0.29
ฮาโลเจน	52	143	3.6	0.48



ภาพที่ 4-5 แสดงกราฟกระแสไฟฟ้า-ศักย์ไฟฟ้า ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจาก
 ข้าวเหนียวลิ้มผัว 20 กรัมในเอทานอล โดยฉาย ก) แสงอาทิตย์จำลองจากหลอดฮาโลเจน
 และ ข) หลอดไฟ 60 W

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

5.1.1 การวิเคราะห์การดูดกลืนแสงจากเครื่อง UV-VISIBLE Spectrophotometer ของ สีย้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มผัวในตัวทำละลายเมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น พบว่าเอทานอล เหมาะสมในการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง รองลงมา คือ เมทานอล และน้ำกลั่น ตามลำดับ เนื่องจากสีย้อมไวแสงจากเอทานอลให้ช่วงของความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงในช่วง ที่กว้างที่สุด (อยู่ในช่วงแสงที่ตามองเห็นไปถึงช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ต) จึงทำให้จำนวนของ อิเล็กตรอนที่สถานะพื้นดูดกลืนพลังงานแสงให้ไปสู่สถานะกระตุ้นได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเห็นได้ว่า สีย้อมไวแสงสามารถดูดกลืนช่วงของพลังงานแสงอาทิตย์และให้น้ำไฟฟ้าได้ดี

5.1.2 การวัดค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม ไวแสงที่ได้จากสีย้อมจากข้าวเหนียวลิ้มผัว 5 กรัม ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น โดยฉายแสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากเอทานอล มีค่าความนำไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดให้ค่าได้สูงที่สุด รองลงมา คือ เมทานอล และ น้ำกลั่นให้ค่าน้อยที่สุด ตามลำดับ ซึ่งเอทานอลให้ผลสอดคล้องกับช่วงของความยาวคลื่นในการ ดูดกลืนแสงที่กว้างที่สุด จึงทำให้มีการนำไฟฟ้าสูงที่สุดด้วย

5.1.3 การฉายแสงจากหลอด LED ขนาด 5 mm ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และ อัลตราไวโอเล็ต โดยเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเอทานอล ซึ่งให้ความนำไฟฟ้าและ กำลังไฟฟ้าสูงที่สุด พบว่า แสงจากหลอดอัลตราไวโอเล็ต จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความนำ ไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้สูงที่สุด รองลงมา คือ หลอดสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของข้าวเหนียวลิ้มผัวใน เอทานอลที่มีตั้งแต่ในช่วงแสงที่ตามองเห็นจนถึงช่วงของรังสีอัลตราไวโอเล็ต มีอิทธิพลของ พลังงานแสงต่อการไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนที่สถานะพื้นของสีย้อมให้ไปสู่สถานะกระตุ้นที่มาก ยิ่งขึ้น จึงทำให้เกิดกระแสอิเล็กตรอนในปริมาณที่มากกว่าสีอื่น ซึ่งทำให้มีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงสุด

5.1.4 การวัดค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้ข้าว เหนียวลิ้มผัว 5 กรัม 10 กรัม และ 20 กรัม ด้วยการฉายแสงอาทิตย์บนเซลล์ พบว่า ที่ปริมาณ 20 กรัม ให้ความนำไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้สูงที่สุด รองลงมา คือ 10 กรัม และน้อยที่สุด คือ 5 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวลิ้มผัวในเอทานอลทำให้มีการความนำ ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงที่สุด เนื่องจากปริมาณเม็ดสีในเอทานอลสูงขึ้น ซึ่งทำให้พลังงานแสงที่ตก

กระทบบนลิเทียมได้ในปริมาณที่มากขึ้นเช่นกัน ดังนั้น อิเล็กตรอนที่สถานะกระตุ้นจึงมีสูงยิ่งขึ้น ส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้ามากยิ่งขึ้นด้วย ทำให้มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงสูงขึ้น

5.1.5 การวัดประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงที่สกัดจากข้าวเหนียวลิ้มฟัว 20 กรัม ด้วยการฉายแสงอาทิตย์จำลองจากหลอดฮาโลเจนให้ค่า Fill Factor (FF) และกำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่สูงกว่าหลอดไฟ 60 W จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดแสงที่ให้กำลังไฟสูงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงจากสารสกัดข้าวเหนียวลิ้มฟัว ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด และค่า FF เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้พบว่าตัวทำละลายเอทานอลเหมาะสมในการทำลิเทียมไวแสงเพื่อประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มฟัวและสามารถให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดได้ แต่ยังไม่มากพอที่จะใช้ในผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่สูง ซึ่งผู้วิจัยจะทำการวิจัยและพัฒนาต่อไปในการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในส่วนของขั้วลบและขั้วบวก เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงจากสารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มฟัวมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมการพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์. กระทรวงพลังงาน.
- วินิช พรหมอารักษ์ และคณะ, (2550), เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสง, วารสารวิชาการ ม.อบ., ปีที่ 9, ฉบับ 2.
- วรรณวิมล อารยะปราชญ์ และธนบัตร มีศิลป์, (2555). เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสงใช้สารสกัดกะหล่ำปลีม่วง, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2555. หน้า 215 – 221.
- สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์, 2553, ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin).
- ศานิตย์ สุวรรณวงศ์, สุพจน์ เกิดมี, อาทิตย์ หู้เต็ม, ไพฑูรย์ บานเย็นงาม และพงษ์ศักดิ์ คำสร. (2559). การเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสงภายใต้การฉายแสง. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 8, 31 มี.ค. – 1 เม.ย. 2559. หน้า 100 – 107.
- ศานิตย์ สุวรรณวงศ์. (2559). การเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสงโดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มฝัวภายใต้การฉายแสง. การประชุมสวนสุนันทาวิชาการระดับชาติ ด้าน “การวิจัยเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน” ครั้งที่ 4 ปี พ.ศ. 2559. 26 สิงหาคม 2559.
- Anderson, OM., and Markham, KR. **Flavonoids : Chemistry, Biochemistry and Applications.** Boca Raton, Fla. : CRC Press / Taylor & Francis, 2006, p. 472-478, 508-515.
- Dai, Q. and Rabani, I. (2001). **Photosensitization of nanocrystalline TiO₂ films by pomegranate pigments with unusually high efficiency in aqueous medium.** Chem. Commun. 20: 2142-2143.
- Hao, S., Wu, I., Huang, Y., and Lin, I. (2006). **Natural dye as photosensitized for dye-sensitized solar cell.** Solar Energy, 80: 209-214.
- Jaiban, P., Suwanwong, S., et al. (2015). **Simultaneous tuning of the dielectric property and photo- induced conductivity in ferroelectric Ba_{0.7}Ca_{0.3}TiO₃ via La doping,** Materials Letters, 147, 29 – 33.

- Kidmose, U., et al. Colour stability in vegetables. In MacDougall, DB. **Colour in food : improving quality**. Boca Raton, Fla. : CRC Press ; Cambridge, : Woodhead Pub., 2002, p. 145-150, 179-180, 186-187, 196-197, 217, 248, 265-266, 270-271.
- Masingboon, C., Eknapakul, T., Suwanwong, S., et al. (2013). **Anomalous change in dielectric constant of $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ under violet-to-ultraviolet irradiation**, Applied Physics Letters, 102, 202903.
- O'Regan, B. and Grätzel, M. (1991). **A Low-cost, hight-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO_2 films**. Nature, 353, pp.737.
- Sirimanne, P.M., Senevirathna, M.K.I., Premalal, E.V.A., Pitigala, P.K.D.D.P., Sivakumar, V. and Tennakone, K. (2006). **Utilization of natural pigment extracted from pomegranate fruits as sensitizer in solid-state solar cells**. I. Photochem. Photobiol. A: Chemistry. 177: 324 – 327.
- Siriroj, S., et al., 2012. **High performance dye-sensitized solar cell based on hydrothermally deposited multiwall carbon nanotube counter electrode**. Applied Physics Letters 100: 243303.
- Suwanwong, S., et al. (2015). **The dynamics of ultraviolet-induced oxygen vacancy at the surface of insulating SrTiO_3 (001)**. Applied Surface Science, 355, 210 – 212.
- Suwanwong, S., et al. (2015). **Resistivity change in SrTiO_3 upon irradiation and its application in light sensing**. Suranaree Journal Science Technology, 22(1), 93 – 98.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วัสดุอุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์ มีดังต่อไปนี้

- 1) บีกเกอร์ ขนาด 50 ml , 100 ml
- 2) กระบอกตวง
- 3) จานแช่สาร
- 4) แท่งแก้วคนสาร
- 5) แผ่นปาด
- 6) ที่ลึบสาร
- 7) กระจกนำไฟฟ้า fluorine doped tin oxide (FTO)
- 8) เทปกาวย
- 9) มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ hp HEWLETT PACKARD รุ่น 971A
- 10) มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT30B
- 11) คลิปหนีบ
- 12) ฟิล์มยืดหุ้มอาหาร
- 13) เตาเผา ขนาด 0 – 1,100 °C
- 14) ช้อนตักสาร
- 15) ที่ตัดกระจก
- 16) ขาดึงพร้อมที่หนีบ
- 17) หลอด LED สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน อัลตราไวโอเลต
- 18) แสงอาทิตย์จำลอง จากหลอดฮาโลเจน 1500 W
- 19) หลอดไฟ 60 W
- 20) เครื่องทำความสะอาดด้วยการสั่น (Ultrasonic Cleaner)
- 21) เครื่องเป่า รุ่น TO-765
- 22) แผ่นพาราฟิล์ม
- 23) ขวดล้างสาร ขนาด 500 มิลลิลิตร
- 24) ขวดสีชา พร้อมที่หยดสาร

ภาคผนวก ข

สารเคมี

สารเคมี มีดังต่อไปนี้

- 1) ผงไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 powder)
- 2) ผงซิงค์ออกไซด์ (ZnO powder)
- 3) แพลตทินัม (Pt)
- 4) เอทานอล (Ethanol)
- 5) เมทานอล (Methanol)
- 6) น้ำกลั่น (DI water)
- 7) เกล็ดไอโอดีน (I_2)
- 8) โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
- 9) เอทิลีนไกลคอล (Ethylene Glycol)
- 10) โพลีเอทิลีนไกลคอล 400 (Polyethylene Glycol 400)
- 11) กรดอะซิติก 0.05 M
- 12) ไตรตัน X-100 (Triton X-100)
- 13) ข้าวเหนียวลิ้มฟัว

ภาคผนวก ค

การเตรียมสาร และการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

การเตรียมสาร และการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์

1. การเตรียมสีย้อมไวแสง

1.1 นำเมล็ดข้าวเหนียวลิ้มฟัวมาบดเป็นผง ดังภาพที่ ค-1

ก)



ข)



ภาพที่ ค-1 แสดง ก) เมล็ดของข้าวเหนียวลิ้มฟัว และ ข) ข้าวเหนียวลิ้มฟัวที่บดแล้ว

1.2 นำข้าวเหนียวลื้มผั่วที่บดเป็นผง 5 กรัม มาแช่ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น เป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วกรองเอาผงของข้าวเหนียวลื้มผั่วออก จะได้สีข้อม ใสแสงของข้าวเหนียวลื้มผั่ว ดังภาพที่ ค-2

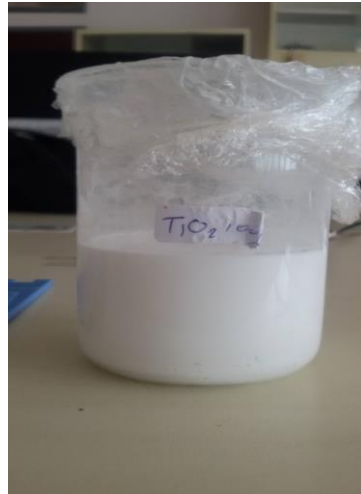


ภาพที่ ค-2 แสดงสีข้อมใสแสงของข้าวเหนียวลื้มผั่วในเมทานอล เอทานอล และน้ำกลั่น

2. การเตรียมขั้วลบ

2.1 ทำครีมไททาเนียมไดออกไซด์ โดยน้ำผงไททาเนียมไดออกไซด์ ผสมกับน้ำกลั่นและ โพลีเอทิลีน ไกลคอล 400 คนให้เข้ากัน แล้วปาดครีมบนกระจกนำไฟฟ้า ดังภาพที่ ค-3

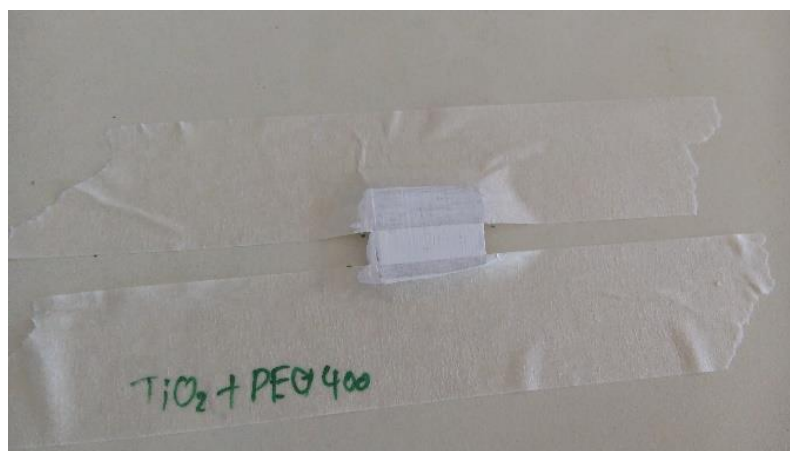
ก)



ข)



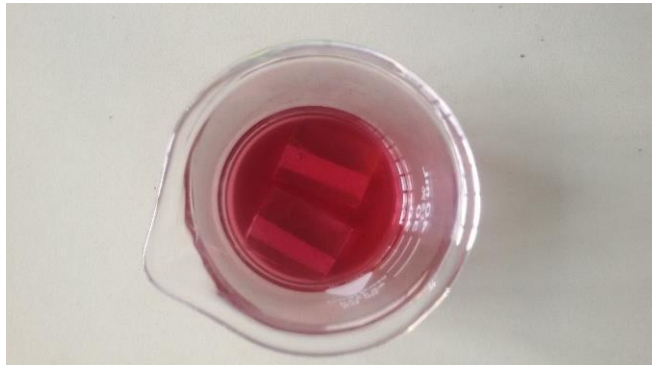
ค)



ภาพที่ ค-3 แสดง ก) ครีมไททาเนียมไดออกไซด์ ข) ปาดครีมไททาเนียมไดออกไซด์บนกระจกนำไฟฟ้า และ ค) กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์แล้ว

2.2 นำกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์แล้ว นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550°C แล้วปล่อยให้เย็นลง จากนั้นแช่กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบแล้วในสีข้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้ม เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เอาออกมา แล้วผึ่งให้แห้ง จะได้ข้าวลบ ดังภาพที่ ค-4

ก)



ข)



ภาพที่ ค-4 แสดง ก) กระจกนำไฟฟ้าที่แช่ในสีข้อมของข้าวเหนียวลิ้มผัว และ ข) ข้าวลบ ที่ติดสีข้อมของข้าวเหนียวลิ้มผัว

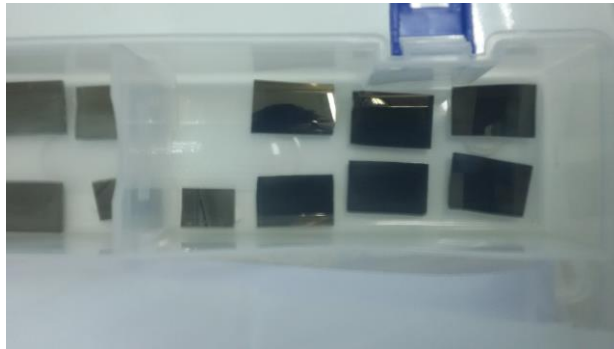
3. การเตรียมขั้วบวก

นำกระจกนำไฟฟ้าไปเคลือบด้วยแพลตตินัม (Pt) ด้วยเครื่อง sputtering ในพลาสติกของก๊าซ อาร์กอน (Ar) จะได้ขั้วบวก ดังภาพ ก-5

ก)



ข)

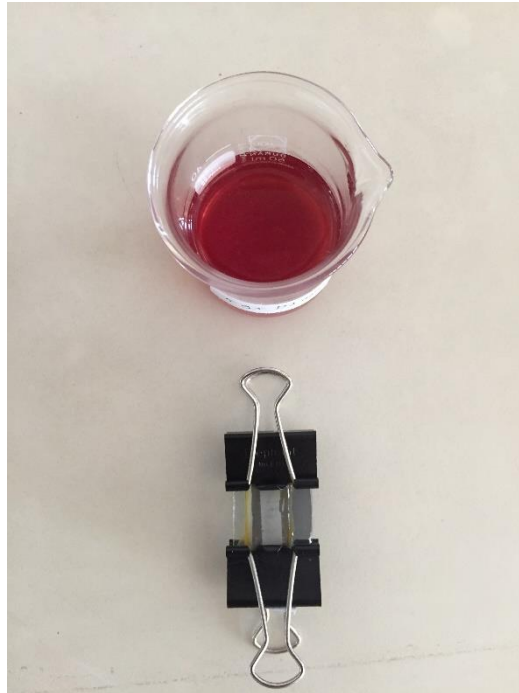


ภาพที่ ก-5 แสดง ก) เครื่องเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธี sputtering
และ ข) ขั้วบวกที่เคลือบด้วยแพลตตินัม

4. การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

นำกระจกนำไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบประกบกัน โดยมีแผ่นพาราฟิล์มชั้นกลางไว้ และตัดให้มีพื้นที่ $0.25 \times 1 \text{ cm}^2$ จะได้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากสารสกัดข้าวเหนียวลิ้มผัว ดังภาพที่

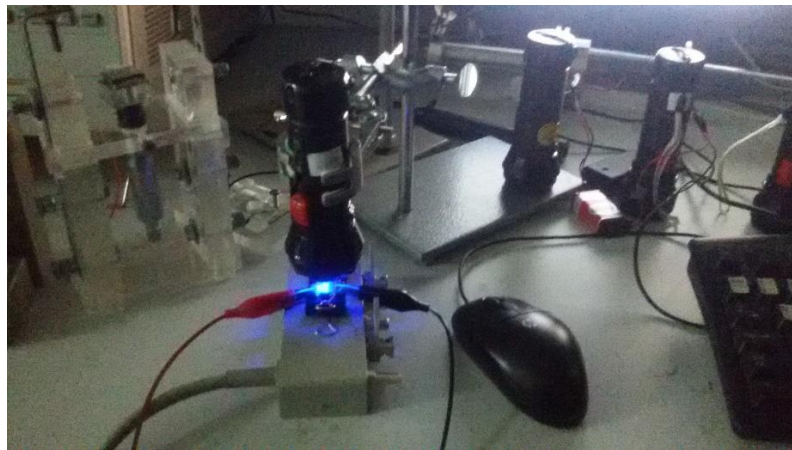
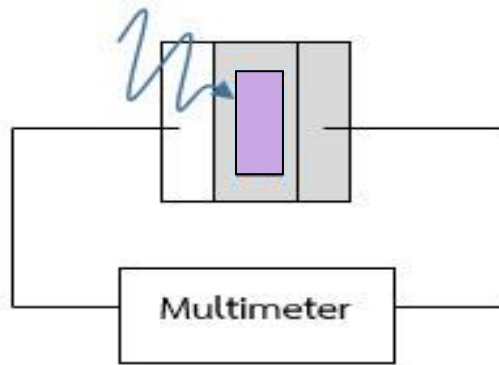
ก-6



ภาพที่ ก-6 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงของข้าวเหนียวลิ้มผัว

5. การวัดค่าประสิทธิภาพการนำไฟฟ้า

5.2 วัดค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด โดยต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับมัลติมิเตอร์ แล้วฉายแสง ดังภาพที่ ค-7



ภาพที่ ค-7 แสดงการวัดค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด

5.2 วัดค่า Fill Factor โดยต่อเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง แล้วเขียน I-V curve
ดังภาพที่ ก-8



ภาพที่ ก-8 แสดงการวัดค่า Fill Factor

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นายศานิตย์ สุวรรณวงศ์
Mr. Sanit Suwanwong
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3100800542286
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717100, 087-0115315 E-mail sanit.suw@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
ศษ.บ. (ฟิสิกส์-คณิตศาสตร์)
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
วท.ม. (ฟิสิกส์)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
โครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์
วัสดุศาสตร์ทางแสงและไฟฟ้า
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่
ศานิตย์ สุวรรณวงศ์ . (2559). การเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
โดยใช้สารสกัดของข้าวเหนียวลิ้มฝัวภายใต้การฉายแสง. การประชุมสวนสุนันทาวิชาการ
ระดับชาติ ด้าน “การวิจัยเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน” ครั้งที่ 4, 26 สิงหาคม 2559.
Sanit Suwanwong, Artit Hutem, Supoj Kerdmee and Piyaarut Moonsri. (2016). **UV irradiation
effect on the surface KTaO₃ crystals.** URU International Conference on Science and
Technology 2016, 1-2 August, 2016.
ศานิตย์ สุวรรณวงศ์, สุพจน์ เกิดมี, อาทิตย์ หุ้เต็ม, ไพฑูรย์ บานเย็นงาม และพงษ์ศักดิ์ คำสร. (2559).
การเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงภายใต้การฉายแสง.
การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 8, 31 มี.ค. – 1 เม.ย.
2559.

- Suwanwong, S., et al. (2015). The dynamics of ultraviolet-induced oxygen vacancy at the surface of insulating SrTiO₃ (001), Applied Surface Science, 355, 210 – 212.**
- Jaiban, P., **Suwanwong, S., et al. (2015). Simultaneous tuning of the dielectric property and photo-induced conductivity in ferroelectric Ba_{0.7}Ca_{0.3}TiO₃ via La doping, Materials Letters, 147, 29 – 33.**
- Suwanwong, S., et al. (2015). Resistivity change in SrTiO₃ upon irradiation and its application in light sensing, Suranaree Journal Science Technology, 22(1), 93 – 98.**
- Masingboon, C., Eknapakul, T., **Suwanwong, S., et al. (2013). Anomalous change in dielectric constant of CaCu₃Ti₄O₁₂ under violet-to-ultraviolet irradiation, Applied Physics Letters, 102, 202903.**
- Suwanwong, S., et al. (2012). UV Irradiation Effect on Electrical Conductivity of KTaO₃ Crystals, Siam Physics Congress SPC2012.**